

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ



DOI: 10.26794/2220-6469-2023-17-1-103-116
УДК 332.834.8(045)
JEL C61

Моделирование согласования интересов экономических субъектов в жилищном строительстве

Н.Н. Шеломенцева^а, О.В. Грушина^б, Т.А. Красноштанова^с

^а Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия;

^{б,с} Байкальский государственный университет, Иркутск, Россия

АННОТАЦИЯ

В представленной статье проанализированы последствия введения проектного финансирования на фоне кризисов 2020 и 2022 гг. Выявлены субъектные взаимодействия в процессе строительства жилья в условиях проектного финансирования. Построена многокритериальная экономико-математическая модель согласования интересов экономических субъектов в жилищном строительстве, которая позволяет понять и оценить последствия выбора из возможных вариантов с позиции каждого из них. На основе полученной многокритериальной задачи с заявленными ограничениями проведены численные расчеты при выборе сначала двух (попарно), а затем всех трех (застройщика, банка и потребителя) экономических субъектов. Для решения оптимизационных задач и построения графиков использован пакет прикладных программ MATLAB. Решения, приемлемые для участников, выбирались из множества альтернатив, оптимальных в смысле Парето. Несмотря на то что все субъекты жилищного строительства вовлечены во взаимодействие, оно происходит неодновременно. При этом диктующую позицию в проектом финансировании занял банк, а платит за все потребитель. Роль субъекта, обязанность которого согласовывать интересы застройщика, банка и населения, должно взять на себя государство. Задача государства — создать такие условия на рынке жилищного строительства, чтобы экономические субъекты были заинтересованы в согласовании своих интересов и пришли к компромиссу. Здесь раскрывается перспектива дальнейшего исследования.

Ключевые слова: жилищное строительство; проектное финансирование; счета эскроу; экономические субъекты; согласование интересов; экономико-математическая модель; многокритериальная задача

Для цитирования: Шеломенцева Н.Н., Грушина О.В., Красноштанова Т.А. Моделирование согласования интересов экономических субъектов в жилищном строительстве. *Мир новой экономики*. 2023;17(1):103-116. DOI: 10.26794/2220-6469-2023-17-1-103-116

ORIGINAL PAPER

Simulation of Interest Coordination of Economic Subjects in Housing Construction

N.N. Shelomentseva^a, O.V. Grushina^b, T.A. Krasnoshtanova^c

^a Irkutsk State University, Irkutsk, Russia; ^{б,с} Baikal State University, Irkutsk, Russia

ABSTRACT

In the present paper, the consequences of the introduction of project financing against the backdrop of crises in 2020 and 2022 are analyzed. The subject interactions in the course of housing construction under the conditions of project financing are considered. A multi-criteria economic-mathematical model for the interest coordination of economic subjects in housing construction has been proposed. The model permits to understand and evaluate the economic consequences of choosing the possible options from the standpoint of each of the economic subjects. The numerical calculations of choosing two (in pairs), and all three (developer, bank and consumer) economic subjects were performed using the proposed multi-criteria model with the stated limitations. The MATLAB software was employed to solve optimization problems and plotting. The solutions acceptable to the subjects were

chosen from a set of Pareto-optimal alternatives. Despite the fact that all subjects of housing construction are involved in the interaction, this interaction does not occur simultaneously, but in a complex subordinate manner: the bank took the dictating position in project financing, and the consumer pays for everything. The state should play a role of the subject, which should coordinate the interests of the developer, the bank and the population. The task of the state is to create such conditions in the housing construction market so that economic subjects are interested in coordination of their interests to find a compromise. This opens routes for further research.

Keywords: housing construction; project financing; escrow accounts; economic subjects; coordination of interests; economic-mathematical model; multi-criteria problem

For citation: Shelomentseva N.N., Grushina O.V., Krasnoshtanova T.A. Simulation of interest coordination of economic subjects in housing construction. *The World of the New Economy*. 2023;17(1):103-116. DOI: 10.26794/2220-6469-2023-17-1-103-116

Последние три года внесли много хаоса в деятельность субъектов отрасли жилищного строительства, — особенно это касается деятельности компаний-застройщиков. Строительство традиционно считается крайне фрагментированной отраслью с низкой маржой прибыли и высоким риском к провалу из-за сложной системы цепочек поставок [1].

Во-первых, введение проектного финансирования с использованием счетов эскроу усложнило возможность дальнейшего пребывания в отрасли и затруднило вход новым участникам. Появившиеся жесткие требования к застройщикам способствовали сокращению и монополизации субъектов предложения жилья. Во-вторых, на фоне коронакризиса, сопровождаемого локдаунами, закрытием границ и резким подорожанием стройматериалов, были буквально заморожены или значительно замедлились сроки строительства. Об отрицательном синергетическом эффекте этих двух явлений можно сказать следующее:

- уменьшение эффективности выразилось в повышении затрат на выплату процентов за банковское финансирование строительства, росте заработных плат в связи с дефицитом рабочей силы и возрастании условно-постоянных затрат из-за увеличения сроков строительства;
- разрушение и рекомбинация устоявшихся связей сопровождались кардинальным изменением взаимодействия застройщика и покупателя жилья, застройщика и наемных работников, застройщика и поставщиков стройматериалов;
- ослабление контроля процесса строительства стало следствием передачи этой функции банку, в то время как контроль за использованием рабочего времени стал осуществлять Роспотребнадзор;
- излишнее усложнение управления и трудности с адаптацией были вызваны встраиванием банка в качестве главного актора в строительный процесс, а также повышенными требованиями к застройщи-

ку и необходимостью соответствовать «пандемическим» требованиям [2].

В результате произошло сокращение ввода в действие жилья, резкий рост затрат и, соответственно, цен на жилье (от 12 до 20 с лишним процентов, по итогам 2020 г., в зависимости от региона) [3]. Помощь государства в форме льготной ипотеки позволила потребителям оплачивать ее (т.е. «проглотить» увеличение затрат застройщиков) и, таким образом, не «заморозить» отрасль полностью.

В 2021 г. произошел «выход» из коронакризиса с рекордным вводом жилья за счет достройки объектов 2020 г. Подъем жилищного строительства был вновь заторможен в феврале 2022 г. из-за нового скачка цен на стройматериалы и резкого взлета ключевой ставки ЦБ РФ. В апреле 2022 г. годовая инфляция строительного сектора составила 44% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Количество выданных ипотечных кредитов сократилось на 14% на первичном и на 43% на вторичном рынке жилья. При этом по суммам кредитов (из-за увеличения цен на первичном рынке) прирост составил 9%, а на вторичном рынке произошло их сокращение на 35%¹.

Несмотря ни на что, проектное финансирование год от года становится основным способом инвестирования жилищного строительства, вытесняя архаичные его формы. На сегодняшний день, по данным портала ДОМ.РФ, площадь строящихся квартир составляет 100,6 млн м², в том числе 87% строится с использованием счетов эскроу (табл. 1).

Прирост количества застройщиков за 2022 г. составил порядка 15%, а вводимых квадратных метров, строящихся с использованием счетов эскроу, — 18,7%. При этом количество застройщиков и достраиваемых квадратных метров по договорам долевого строительства сократилось в половину, а строящихся за счет собственных средств — на четверть (табл. 2).

¹ URL: <https://www.xn — d1aqf.xn — plai/analytics/>

Таблица 1 / Table 1

Распределение строящегося жилья в зависимости от форм финансирования на ноябрь 2022 г. /
Distribution of housing under construction depending on the formation of financing for November 2022

Механизм финансирования	Застройщики		Дома		Жилая площадь		Квартиры	
	шт.	%	шт.	%	тыс. м ²	%	тыс. шт.	%
Эскроу-счета	3240	90	8252	86,8	87695	87,3	1766	87,1
ДДУ	340	9,4	854	9	10177	10	206	10,2
Собственные средства	92	2,6	405	4,2	2714	2,7	55	2,7
ИТОГО	3672	100	9511	100	100586	100	2027	100

Источник / Source: рассчитано по данным ДОМ.РФ / calculated according to DOM.RF date.

Таблица 2 / Table 2

Изменение доли механизмов финансирования жилья в 2022 г. /
Change in share of use of housing finance in 2022

Механизм финансирования	Застройщики, шт.		Дома, шт.		Жилая площадь, тыс. м ²		Квартиры, шт.	
	2021	прирост, %	2021	прирост, %	2021	прирост, %	2021	прирост, %
Эскроу-счета	2807	+15,4	7180	+14,9	73869	+18,7	1479	+19,4
ДДУ	697	-51,2	1798	-52,5	21067	-51,7	423	-51,3
Собственные средства	141	-34,8	525	-22,8	3700	-26,6	73	-24,7
ИТОГО	3475	+5,7	9503	+0,08	98636	+2	1975	+2,6

Источник / Source: рассчитано по данным ДОМ.РФ / calculated according to DOM.RF date.

Проектное финансирование в жилищном строительстве — достаточно сложный процесс, включающий взаимодействие различных экономических субъектов, среди которых: государство, застройщики, банки и население. Существует множество исследований, посвященных данной теме [4–7]. Система субъектных взаимодействий в процессе строительства жилья в условиях проектного финансирования, действующая в РФ, представлена на рис. 1.

Взаимосвязи, представленные на рис. 1, расшифрованы в табл. 3.

В процессе взаимодействия необходимо учитывать интересы каждого экономического субъекта [9], которые кардинально разнятся, заставляя участников действовать в противоположных направлениях. Еще за три года до легитимизации счетов эскроу в РФ Т.В. Светник и В.С. Вахнович отмечали в своей статье, что «в результате принятия законопроекта для строительных организаций могут возникнуть следующие негативные риски: резкое сокращение числа застройщиков, которые будут соответствовать указанным требованиям; увеличение затрат застройщиков и повышение стоимости строительства из-за необходимости регистрации изменений ка-

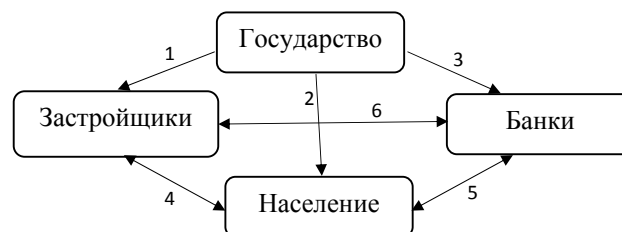


Рис. 1 / Fig. 1. Система субъектных взаимодействий в процессе строительства жилья в условиях проектного финансирования / The system of subjective interactions in the process of housing construction in terms of project financing

Источник / Source: [8].

ждой характеристики договоров с соответствующей уплатой государственной пошлины» [10].

Как отмечает В.В. Пухова, готовность застройщиков к переходу на новые условия финансирования определяется возможностью, во-первых, выдержать дополнительную кредитную нагрузку, а во-вторых, — соблюсти соответствие всем требованиям банка. Напротив — неготовность — может повлечь рост числа банкротств строительных организаций, уход с рынка части застройщиков [11]. В таких условиях отдельные

Таблица 3 / Table 3

Взаимодействия экономических субъектов в процессе строительства жилья в условиях проектного финансирования / Interactions of economic entities in the construction process housing under project financing

Экономические субъекты	Особенности взаимодействия
С позиции государства	(1) Государство для регулирования деятельности строительных организаций создает единую политику в сфере жилищного строительства, разрабатывает нормативно-правовые документы градостроительного и технического содержания, осуществляет государственный надзор и строительный контроль. (2) Государство повышает возможности населения по приобретению или строительству жилья, предлагая различные программы (например, национальный проект «Жилье и городская среда») (3) Государство контролирует деятельность банков и утверждает список тех, которые могут сотрудничать с застройщиками
С позиции застройщиков	(4) Застройщики формируют предложение жилья на рынке. (6) Застройщики обеспечивают доход и возврат привлеченных денежных средств
С позиции банков	(5) Банки предоставляют кредиты населению для приобретения жилья. Для тех, кто приобретает жилье в стадии строительства, в банке открываются счета эскроу. (6) Банки в случае необходимости формируют денежный поток для реализации проекта жилищного строительства, за счет этого происходит перераспределение рисков выполнения проекта
С позиции населения	(4) Население формирует спрос на жилье и удовлетворяет свои потребности в нем. (5) Население за пользование заемными средствами платит банку проценты

Источник / Source: [8].

застройщики открыто провозглашают, что банки «стали палачами» строителей. Однако и сами банки должны соответствовать определенным требованиям, чтобы иметь возможность открывать и финансировать такие проекты. Например, в зарубежной практике к классическим участникам проектного финансирования добавляется «независимый инженер», который играет роль суперпартнера, и его просят высказать мнение относительно осуществимости проекта, провести опрос для его оценки и выступить в качестве контролера, чтобы защитить проект и, прежде всего, тех, кто вкладывает деньги в финансирование. В то время как строительные и инженерные особенности проекта могут быть понятны спонсорам, часто это не относится к кредиторам, которым нужен специалист, способный оценить сделку и решить, поддерживать ее или нет [12].

Таким образом, оценка банковского сектора позволит сформировать пул уполномоченных банков, реализующих проектное финансирование с использованием эскроу-счетов. И хотя последние подразумевают «условное депонирование» («условное» в широком смысле означает приостановление не только неопределенных, но определенных, а также неизбежных действий и событий) [13], оценка возможности поэтапного раскрытия эскроу-счетов позволит сделать выводы о том, как введение новых условий финансирования скажется на финансовом состоянии застройщиков и, как следствие, на потенциальных потребителях (гражданах) [11].

Согласование разнонаправленных интересов экономических субъектов жилищного строительства является нетривиальной задачей. Это не просто расчет разных видов эффективности одного проекта [14], — речь идет о постановке оптимизационной задачи поиска наилучшего решения для всех участников. В работах отечественных ученых были попытки согласования интересов экономических субъектов. В частности, Р.И. Абдразаков и Е.Г. Кравченко построили экономико-математическую модель, в которой согласовываются интересы населения и застройщика в малоэтажном жилищном строительстве [15]. О.И. Горбанева и А.Д. Мурзин описывают динамическую социо-эколого-экономическую модель синергетического развития отдельных экономических субъектов, позволяющую согласовать их общие и частные интересы [16]. О.П. Смирнова, В.В. Шергин рассматривают последовательность решения многокритериальной задачи по принятию инвестиционных решений в жилищном строительстве [17]. Д.А. Макаров, М.Н. Юденко системно моделируют экономические взаимодействия участников в сфере жилищного строительства [18]. Несмотря на значительное количество работ, имеющих теоретическое и практическое значение, не хватает модели, которая позволила бы понять и оценить экономические последствия выбора сочетания значений ключевых показателей, характеризующих каждый проект жилищного строительства с позиции всех экономических субъектов, из всех возможных вариантов.

Ряд вопросов, связанных с учетом интересов экономических субъектов в строительстве доступного жилья (в том числе, проблемы внедрения проектного финансирования в жилищном строительстве и его последствия для компаний-застройщиков), требуют детального изучения. Отличительной особенностью нашей модели является то, что в ней конкретно выписаны критерии оптимизации для каждого экономического субъекта и учтено допустимое множество. Решение многокритериальной задачи позволяет определить варианты, которые возникают при взаимодействии субъектов.

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИОННАЯ ЗАДАЧА СОГЛАСОВАНИЯ ИНТЕРЕСОВ СУБЪЕКТОВ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

В рамках модели мы рассматриваем на первичном рынке однокомнатные, двухкомнатные, трехкомнатные, четырех- и более комнатные квартиры. Исходим из того, что каждый экономический субъект преследует свой интерес. Учитываем, что количество строящегося жилья ограничено «снизу» разностью между потребностью в жилье и наличием его в жилищном фонде; «сверху» — плановым показателем ввода жилья. В случае превышения количества квартир определенного вида, имеющихся в жилищном фонде, над потребностью в жилье определенного вида, застройщикам нет необходимости делать их. Для формализации задачи согласования интересов экономических субъектов жилищного строительства введем следующие обозначения.

Пусть $i = 1, n$ — номер вида квартир;

T — срок строительства многоквартирных домов;

t — номер года в сроке строительства, $t = 1, T$.

Ниже введенные величины будут рассматриваться в t году.

X_i — количество жилья i вида, необходимое для увеличения жилищного фонда (искомая величина в оптимизационной задаче) (в m^2);

V — планируемый ввод жилья (в m^2);

N_i — количество квартир i вида, имеющихся в жилищном фонде;

U_i — потребность в жилье i вида домохозяйствами (в квартирах);

S_i — средняя площадь жилья i вида;

C — себестоимость 1 m^2 жилья;

P_i — цена для потребителя при покупке 1 m^2 квартиры i вида;

β — доля заемных денежных средств, выданных банком застройщикам для реализации проектов;

r — процентная ставка по кредиту для застройщика;

γ — доля заемных денежных средств, выданных банком населению для покупки жилья;

h — процентная ставка по ипотеке для населения.

Для постановки многокритериальной экономико-математической модели необходимо определить такой вектор переменных

$$X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$$

из множества допустимых решений, при котором значение векторной функции векторного аргумента достигает своего экстремума (максимума или минимума).

$$F(X) = \{B(X), S(X), N(X)\} \rightarrow \text{ext},$$

где $B(X)$, $S(X)$, $N(X)$ — целевые функции, которые выражают:

максимизацию дохода банков

$$B = \sum_{i=1}^n r \beta X_i C + \sum_{i=1}^n h \gamma X_i P_i \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$0 < \beta \leq 0,9, \quad 0 < \gamma \leq 0,85;$$

максимизацию прибыли застройщика

$$S = \sum_{i=1}^n (P_i - C) X_i \rightarrow \max; \quad (2)$$

минимизацию средней цены 1 m^2 для потребителя

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n P_i X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} \rightarrow \min. \quad (3)$$

Множество допустимых решений задано ограничением на количество строящегося жилья (4) и условиями неотрицательности:

$$\sum_{i=1}^n (U_i - N_i) \cdot S_i \leq \sum_{i=1}^n X_i \leq V, \quad (4)$$

$$X_i \geq 0. \quad (5)$$

Таким образом, мы получили модель, которая позволяет увидеть множество вариантов, возникающих при взаимодействии экономических субъектов в жилищном строительстве.

Таблица 4 / Table 4

Парето-оптимальные решения для согласования интересов субъектов: «банк» и «население» /
Pareto-optimal solutions for harmonizing the interests of banks and the population

Индекс	Доход банка, руб.	Минимальная средняя цена 1 м ² жилья, руб.	Площадь однокомнатных квартир, м ²	Площадь двухкомнатных квартир, м ²	Площадь трехкомнатных квартир, м ²	Площадь четырех и более комнатных квартир, м ²
1	-18279573215	97713	1155000	-	-	-
2	-17961166276	94766	763189	-	-	391811
3	-17623778285	91643	348066	-	-	806922
4	-17341207005	89025	-	-	-	1155000
5	-17791329680	93194	554218	-	-	600776
6	-17500977069	90780	232855	-	-	920187
7	-18002598043	95518	861250	-	-	291203
8	-18216486152	97130	1077494	-	-	77505
9	-17385330771	89509	64254	-	-	1090208
10	-17925773424	94439	719742	-	-	435251
11	-17729827222	92627	478835	-	-	676141
12	-17884200521	94054	668512	-	-	486484
13	-18169634891	96696	1019819	-	-	135180
14	-17870448289	93927	651722	-	-	503266
15	-18279446165	97713	1155000	-	-	-
16	-17712571355	92540	467049	-	-	687416
17	-17447439649	90031	133682	-	-	1021160
18	-18085718122	95919	916520	-	-	238479

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

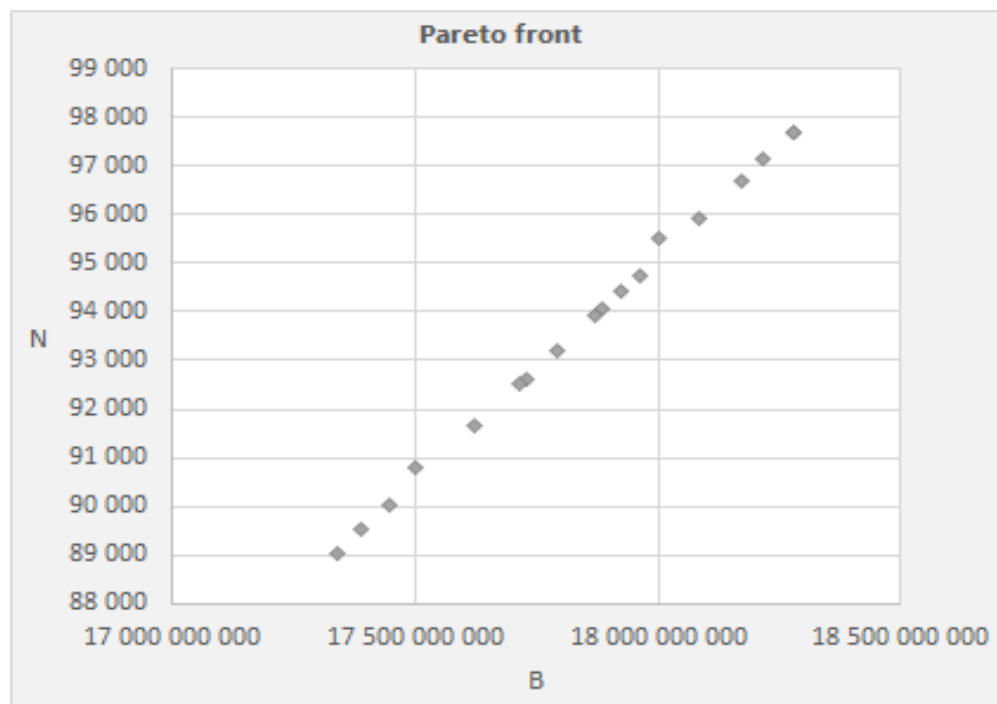


Рис. 2 / Fig. 2. Парето-фронт для задачи согласования интересов субъектов: «население» и «банки» /
Pareto front for the problem of harmonizing the interests of the subjects "population" and "banks"

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

В данной задаче каждый из субъектов, вовлеченных в процесс, является лицом, принимающим решение.

В теории многокритериальной оптимизации показано, что искать решения (при которых значения целевых функций приемлемы для таких субъектов), следует только среди Парето-оптимальных [19].

Определим Парето-оптимальные решения задачи (1)–(3) с ограничениями (4), (5). Любой набор $X = (X_1, X_2, X_3, X_4)$, удовлетворяющий условиям (4), (5), будем называть допустимым. Допустимый набор X^* является Парето-оптимальным, если не существует другого допустимого набора X' , для которого

$$B(X^*) < B(X'), S(X^*) < S(X'), N(X^*) \geq N(X')$$

или

$$B(X^*) \leq B(X'), S(X^*) \leq S(X'), N(X^*) > N(X')$$

или других аналогичных комбинаций.

Иными словами, решение X^* оптимально по Парето, если не существует другого допустимого решения, в котором значение хотя бы одного критерия было лучше, а других — не хуже, чем в X^* .

Для решения задачи (1)–(5) используем пакет прикладных программ MATLAB, реализующий один из

методов многокритериальной оптимизации. Функция gamultiobj входит в состав пакета Global Optimization. Она использует контролируемый генетический алгоритм с элитизмом, в котором хороший компромисс между временем вычислений и размером искомого решения [20]. Функция gamultiobj создает множество Парето-оптимальных решений путем минимизации многомерной целевой функции. Допускается наличие границ на переменные, а также линейных неравенств и равенств, но нелинейные ограничения неприемлемы. Для минимизации использует контролируемый элитарный генетический алгоритм.

Для нахождения численного решения были выбраны следующие данные:

- Планируемый ввод жилья за 2021 г. (взят из паспорта регионального проекта Иркутской области «Жилье»)².
- Показатели фактического наличия квартир в жилищном фонде Иркутской области в 2021 г. (получены по запросу из Иркутстата).
- Доля заемных денежных средств, выданных банками застройщикам, — для реализации проектов (считаем ее равной 90%) и населению — для покупки жилья (85%).

² URL: <https://irkobl.ru/sites/irkstroy/working/gilstroy/pasportj/>

Таблица 5 / Table 5

Парето-оптимальные решения для согласования интересов субъектов: «застройщик» и «население» /
Pareto-optimal solutions to harmonize the interests of the developer and the population

Индекс	Доход банка, руб.	Минимальная средняя цена 1 м ² жилья, руб.	Площадь однокомнатных квартир, м ²	Площадь двухкомнатных квартир, м ²	Площадь трехкомнатных квартир, м ²	Площадь четырех- и более комнатных квартир, м ²
1	-55 620 187 237	97 713	1 155 000	0	0	0
2	-17 387 157 505	89 403	317	71 640	9913	354 485
3	-46 075 392 813	92 665	371 529	266 158	106 517	324 627
4	-42 659 148 314	91 845	244 090	285 042	130 713	348 927
5	-36 036 395 261	90 959	111 800	282 290	123 379	352 933
6	-34 043 996 113	90 979	108 225	275 661	85 786	352 214
7	-55 620 178 206	97 713	1 155 000	0	0	0
8	-44 809 692 705	92 581	353 425	253 283	103 523	331 282
9	-25 239 394 897	89 899	1146	235 951	35 236	353 303
10	-49 582 384 894	93 239	473 440	270 769	103 410	287 451
11	-54 684 541 565	96 972	1 034 398	71 623	29 143	18 147
12	-38 471 556 675	91 429	173 587	281 668	111 300	352 242
13	-53 493 341 707	96 026	880 852	162 811	66 247	41 252
14	-27 202 954 376	90 006	3006	280 475	36 311	352 740
15	-21 147 658 194	89 720	3129	149 362	20 776	353 284
16	-30 856 915 890	90 041	7899	280 502	120 701	353 095
17	-42 719 360 274	91 841	244 090	285 042	130 713	350 452
18	-51 528 114 377	94 272	642 444	182 098	86 611	241 203

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

• Ставка по кредитам для застройщиков (считаем ее равной 15%), ставка по ипотеке (11%) — на основании постановления правительства РФ от 31.03.2022 № 534 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 30 апреля 2020 г. № 629».

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СОГЛАСОВАНИЯ ИНТЕРЕСОВ СУБЪЕКТОВ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Несмотря на то что все субъекты вовлечены во взаимодействие, оно происходит совсем неодновременно.

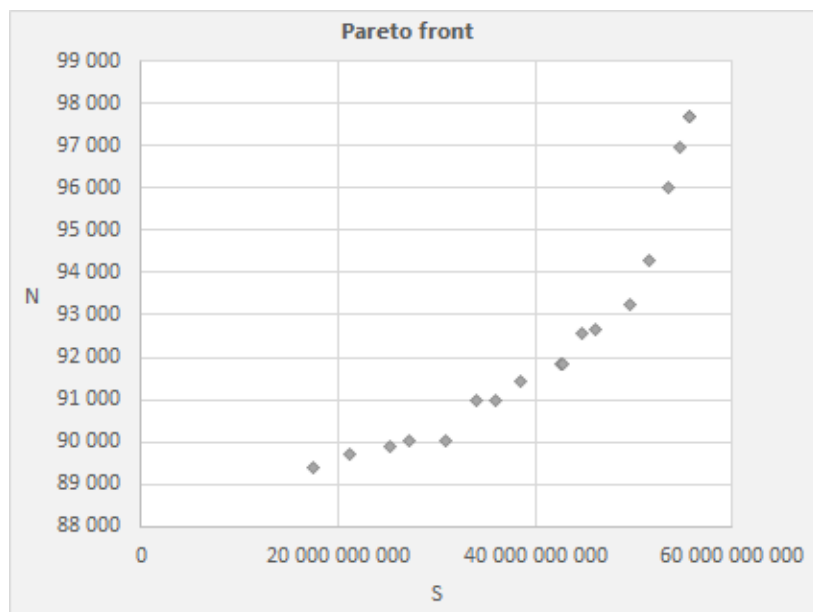


Рис. 3 / Fig. 3. Парето-фронт для задачи согласования интересов субъектов: «население» и «застройщик» /
Pareto front for the problem of harmonizing the interests of the subjects “population” and “developer”

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

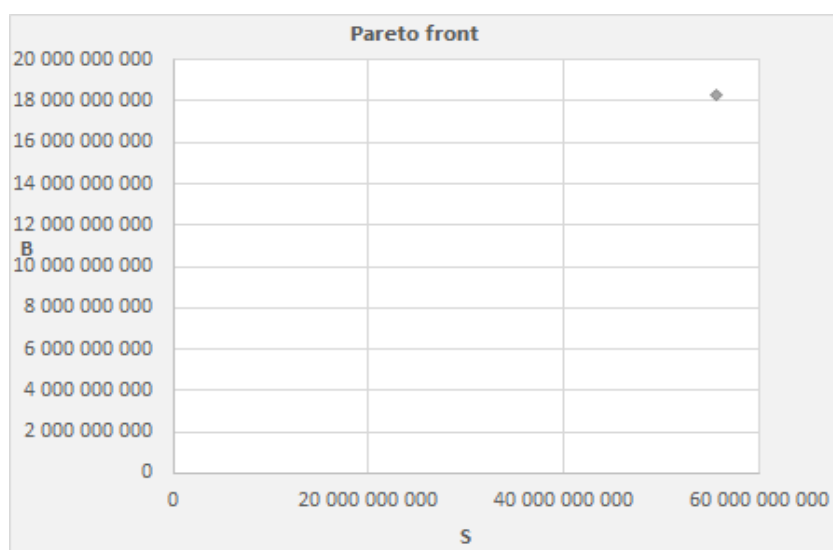


Рис. 4 / Fig. 4. Парето-фронт для задачи согласования интересов субъектов: «банк» и «застройщик» /
Pareto front for the task of harmonizing the interests of the subjects “banks” and “developer”

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

но, т.е. потребитель взаимодействует с банком либо до выбора объекта покупки, либо после того, как уже выбрал его у застройщика. Не бывает так, чтобы все три субъекта встретились и приняли единое решение — они учитывают чужие мнения, но не согласовывают их друг с другом.

В рамках решения задачи мы сначала согласовали интересы субъектов попарно, а затем — всех трех вместе. Для этого в MATLAB были созданы три

функции, которые включали в себя две целевые, представляющие интересы субъектов, участвующих в задаче, а также необходимые числовые данные. С помощью встроенной функции gamultiobj были найдены оптимальные решения данных многокритериальных задач.

Полученные решения представлены в табл. 4–6. Графические изображения Парето-фронта для каждой задачи представлены на рис. 2–5.

Таблица 6 / Table 6

Парето-оптимальные решения для согласования интересов субъектов: «банк», «застройщик» и «население»
/ Pareto-optimal solutions for coordinating the interests of the subjects
of the “bank”, “developer” and “population”

Индекс	Доход банка, руб.	Мини- мальная средняя цена 1 м ² жилья, руб.	Мини- мальная средняя цена для населения, руб.	Площадь однокомнатных квартир, м ²	Площадь двух- комнатных квартир, м ²	Площадь трех- комнатных квартир, м ²	Площадь четырёх- и более комнат- ных квартир, м ²
1	-45 585 539 785	-17 341 207 454	89 025	0	0	0	1 155 000
2	-48 746 998 289	-17 636 803 876	91 762	278 742	291 751	131 964	452 543
3	-45 585 540 268	-17 341 207 321	89 025	0	0	0	1 155 000
4	-46 425 774 836	-17 419 545 071	89 753	74 078	77 822	35 323	967 757
5	-48 380 052 370	-17 601 748 111	91 447	246 374	258 827	117 478	532 255
6	-45 802 030 437	-17 361 449 180	89 212	19 088	19 979	9 037	1 106 897
7	-47 195 266 159	-17 490 857 252	90 421	141 982	149 418	67 968	795 556
8	-46 136 224 164	-17 392 111 728	89 504	48 409	51 987	23 898	1 030 654
9	-48 115 327 058	-17 576 921 212	91 218	223 100	234 286	106 338	591 203
10	-47 766 488 269	-17 544 806 185	90 914	192 416	201 282	91 042	670 233
11	-47 592 859 626	-17 528 016 700	90 766	177 074	186 020	84 480	707 349
12	-46 695 719 184	-17 444 416 342	89 988	97 921	103 049	46 876	907 103
13	-46 742 280 093	-17 419 064 968	90 120	119 113	83 570	55 955	893 687
14	-47 440 586 908	-17 514 361 746	90 632	163 485	171 775	77 888	741 826
15	-48 540 132 138	-17 614 044 433	91 594	263 037	268 092	122 982	500 586
16	-48 746 998 289	-17 636 803 876	91 762	278 742	291 751	131 964	452 543
17	-46 516 194 394	-17 428 087 130	89 831	82 108	85 891	38 849	948 140
18	-45 585 539 785	-17 341 207 454	89 025	0	0	0	1 155 000

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

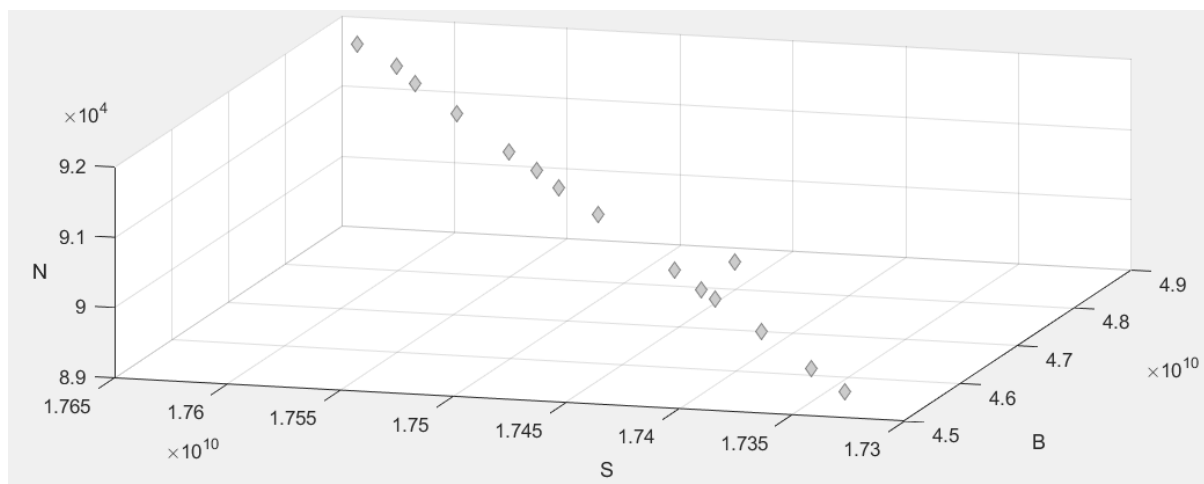


Рис. 5 / Fig. 5. Парето-фронт для задачи согласования интересов субъектов: «банк», «застройщик» и «население» / Pareto front for the task of harmonizing the interests of the subjects of the “bank”, “developer” and “population”

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

Значения дохода банка f_1 , представленные в табл. 4, отрицательны, так как gamultiobj минимизирует функцию. При минимальной средней цене от 89 до 97 тыс. руб. за 1 м² банк получит от 17 до 18 млрд руб. Компромисс при согласовании интересов — когда банк кредитует, а население приобретает однокомнатные и четырехкомнатные квартиры. Зависимость между f_1 и f_2 , представленную на Парето-фронте (рис. 2), можно аппроксимировать линейной функцией.

Из табл. 5 видно, что прибыль застройщика f_1 колеблется от 17 до 55 млрд руб. Наибольшее значение этот показатель достигает только при продаже однокомнатных квартир. Если у застройщика имеются квартиры всех видов, то он значительно теряет в прибыли. Определенные восемнадцать оптимальных по Парето точек позволяют найти компромисс между потребностями населения и интересом застройщика.

При согласовании интересов банка и застройщика найдено единственное решение, удовлетворяющее интересам обоих субъектов. Наибольший доход банка — 55 620 200 614 руб., а прибыль застройщика — 18 279 453 191 руб. В такой ситуации и банк, и застройщик предпочтут строительство однокомнатных квартир, общая площадь которых составит 1 550 000 м².

Согласуем интересы всех трех субъектов, инициализируем необходимые данные и используем функцию gamultiobj, а также функцию построения трехмерного графика plot3.

Полученные результаты приведены в табл. 6 и на рис. 5.

Восемнадцать точек представляют собой множество Парето-оптимальных решений для трех субъектов. Причем банк получит доход f_1 от 45 до 48 млрд руб., в зависимости от спектра видов продаваемых квартир. Застройщик получит прибыль f_2 порядка 17 млрд руб., а минимальная средняя цена для населения f_3 будет около 90 тыс. руб. за 1 м².

Какой вариант из множества оптимальных по Парето решений будет выбран, зависит от лица, принимающего решения.

Если бы сами субъекты пытались найти оптимальные решения согласования интересов, им имело бы смысл перебирать только решения оптимальные по Парето, так как в остальных случаях для кого-то из них положение будет хуже.

Субъектом, роль которого — согласовывать интересы застройщика, банка и населения, является государство, которое должно создать такие условия на рынке жилищного строительства, чтобы экономические субъекты были в этом заинтересованы. С нашей точки зрения, в построенную модель целесообразно ввести четвертую целевую функцию, которая будет соответствовать государству, например:

$$\sum_{i=1}^n (U_i - X_i)^2 \rightarrow \min.$$

Данный критерий отличается единицами измерения от критериев (1)–(3). Расширенная модель с помощью введения четвертого субъекта — дальнейшее направление для наших исследований.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Gruneberg S., Francis N. The economics of construction. Newcastle upon Tyne: Agenda Publishing; 2019. 208 p.
2. Грушина О.В., Красноштанова Т.А. Отрицательный синергизм пандемии COVID-19 в сфере жилищного строительства на примере Иркутской области. *Жилищные стратегии*. 2021;8(1):47–68. DOI: 10.18334/zhs.8.1.111955
3. Чибикова Т.В. Динамика цен на рынке жилой недвижимости в 2020–2021 гг. на примере г. Омск. *Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий*. 2021;10(3):90–98. DOI: 10.24412/2225–8264–2021–3–90–98
4. Pinto J.M. What is project finance? *Investment Management and Financial Innovations*. 2017;14(1):200–210. DOI: 10.21511/imfi.14(1–1).2017.06
5. Müllner J. International project finance: Review and implications for international finance and international business. *Management Review Quarterly*. 2017;67(2):97–133. URL: 10.1007/s11301–017–0125–3
6. Mawutor J.K.M., Obeng K. The role of project finance in contemporary financing: “Theoretical perspective”. *Accounting and Finance Research*. 2014;3(4):181–185. DOI: 10.5430/afr.v3n4p181
7. Finnerty J.D. Project financing: Asset-based financial engineering. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.; 2007. 496 p.
8. Шеломенцева Н.Н. Формирование стратегии предложения жилья застройщиками в условиях проектного финансирования. Автореф. дис. ... канд. экон. наук. Иркутск: БГУ; 2021. 24 с.
9. Грушина О.В., Шеломенцева Н.Н. Интересы экономических субъектов жилищного строительства в условиях проектного финансирования. Проблемы экономики и управления строительством в условиях экологически ориентированного развития. Мат. 6-й Междунар. науч.-практ. онлайн-конф. (11–12 апреля 2019 г.). Братск: Изд-во БрГУ; 2019:147–154.
10. Светник Т.В., Вахнович В.С. Система долевого строительства и оценка механизмов ее замещения. *Известия Байкальского государственного университета*. 2016;26(6):907–918. DOI: 10.17150/2500–2759.2016.26(6).907–918
11. Пухова В.В. Система развития первичного рынка жилой недвижимости в условиях проектного финансирования. *Известия Байкальского государственного университета*. 2021;31(1):90–97. DOI: 10.17150/2500–2759.2021.31(1).90–97
12. Gatti S. Project finance in theory and practice: Designing, structuring, and financing private and public projects. London: Academic Press; 2018. 634 p.
13. Ballantine H.W. Delivery in escrow and the parol evidence rule. *The Yale Law Journal*. 1920;29(8):826–840. DOI: 10.2307/786946
14. Астафьев С.А., Сарченко В.И., Якубовский А.В., Хиревич С.А., Пухова В.В. Формирование механизма оценки социально-экономической эффективности градостроительных проектов органами местного самоуправления. *Baikal Research Journal*. 2020;11(2):6. DOI: 10.17150/2411–6262.2020.11(2).6
15. Абдразаков Р.И., Кравченко Е.Г. Многокритериальная экономико-математическая модель удовлетворенности спроса населения на малоэтажное жилищное строительство в регионе. *Управление экономическими системами: электронный научный журнал*. 2012;(4):94.
16. Горбанева О.И., Мурзин А.Д., Угольников Г.А. Моделирование согласования общих и частных интересов развития экономических субъектов. *Кибернетика и программирование*. 2020;(1):1–8. DOI: 10.25136/2644–5522.2020.1.33213
17. Смирнова О.П., Шергин В.В. Теоретические аспекты формирования системы поддержки управления инвестиционным процессом в жилищном строительстве на уровне региона. *Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством*. 2012;(4):33–37.
18. Макаров Д.А., Юденко М.Н. Системное моделирование экономического взаимодействия участников в сфере жилищного строительства. *Экономика строительства*. 2021;(2):28–38.
19. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит.; 1982. 256 с.
20. Costa L., Oliveira P. An elitist genetic algorithm for multiobjective optimization. In: *Metaheuristics: Computer decision-making*. Boston, MA: Springer-Verlag; 2003:217–236. (Applied Optimization. Vol. 86). URL: 10.1007/978–1–4757–4137–7_10

REFERENCES

1. Gruneberg S., Francis N. The economics of construction. Newcastle upon Tyne: Agenda Publishing; 2019. 208 p.
2. Grushina O.V., Krasnoshtanova T.A. Negative synergy of the COVID-19 pandemic in housing construction on the example of the Irkutsk region. *Zhilishchnye strategii = Russian Journal of Housing Research*. 2021;8(1):47–68. (In Russ.). DOI: 10.18334/zhs.8.1.111955
3. Chibikova T.V. The dynamics of prices in the residential real estate market in 2022–2021 on the example of Omsk. *Vestnik Sibirskogo instituta biznesa i informatsionnykh tekhnologii = Herald of Siberian Institute of Business and Information Technologies*. 2021;10(3):90–98. (In Russ.). DOI: 10.24412/2225–8264–2021–3–90–98
4. Pinto J.M. What is project finance? *Investment Management and Financial Innovations*. 2017;14(1):200–210. DOI: 10.21511/imfi.14(1–1).2017.06
5. Müllner J. International project finance: Review and implications for international finance and international business. *Management Review Quarterly*. 2017;67(2):97–133. URL: 10.1007/s11301–017–0125–3
6. Mawutor J.K.M., Obeng K. The role of project finance in contemporary financing: “Theoretical perspective”. *Accounting and Finance Research*. 2014;3(4):181–185. DOI: 10.5430/afr.v3n4p181
7. Finnerty J.D. Project financing: Asset-based financial engineering. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.; 2007. 496 p.
8. Shelomentseva N.N. Formation of a housing supply strategy by developers in terms of project financing. Cand econ. sci. diss. Synopsis. Irkutsk: Baikal State University; 2021. 24 p. (In Russ.).
9. Grushina O.V., Shelomentseva N.N. Interests of economic subjects of housing construction in the conditions of project financing. In: Problems of economics and management of construction of environmentally oriented development. Proc. 6th Int. sci.-pract. online conf. (April 11–12, 2019). Bratsk: Bratsk State University Publ.; 2019:147–154. (In Russ.).
10. Svetnik T.V., Vakhnovich V.S. The shared construction system and evaluation of mechanisms for its replacement. *Izvestiya Baikal'skogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Baikal State University*. 2016;26(6):907–918. (In Russ.). DOI: 10.17150/2500–2759.2016.26(6).907–918
11. Pukhova V.V. The system of developing the primary market of residential real estate in terms of project financing. *Izvestiya Baikal'skogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Baikal State University*. 2021;31(1):90–97. (In Russ.). DOI: 10.17150/2500–2759.2021.31(1).90–97
12. Gatti S. Project finance in theory and practice: Designing, structuring, and financing private and public projects. London: Academic Press; 2018. 634 p.
13. Ballantine H.W. Delivery in escrow and the parol evidence rule. *The Yale Law Journal*. 1920;29(8):826–840. DOI: 10.2307/786946
14. Astafyev S.A., Sarchenko V.I., Yakubovsky A.V., Khirevich S.A., Pukhova V.V. Developing evaluation mechanism of socioeconomic efficiency of urban planning projects by local government bodies. *Baikal Research Journal*. (In Russ.). DOI: 10.17150/2411–6262.2020.11(2).6
15. Abdrazakov R.I., Kravchenko E.G. Multi-criteria economic and mathematical model of satisfaction of the population's demand for low-rise housing construction in the region. *Upravlenie ekonomicheskimi sistemami: elektronnyi nauchnyi zhurnal = Management of Economic Systems: Scientific Electronic Journal*. 2012;(4):94. (In Russ.).
16. Gorbaneva O.I., Murzin A.D., Ougolnitsky G.A. Modeling the coordination of general and private interests of the development of economic entities. *Kibernetika i programmirovaniye = Cybernetics and Programming*. 2020;(1):1–8. (In Russ.). DOI: 10.25136/2644–5522.2020.1.33213
17. Smirnova O.P., Shergin V.V. Formation of system support investment management in housing construction at the regional level: Theoretical aspects. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Seriya: Ekonomika, finansy i upravlenie proizvodstvom = News of Higher Educational Institutions. Series: Economy, Finance and Production Management*. 2012;(4):33–37. (In Russ.).
18. Makarov D.A., Yudenko M.N. Systemic modelling of economic interaction in sphere of housing construction. *Ekonomika stroitel'stva = Economics of Construction*. 2021;(2):28–38. (In Russ.).
19. Podinovskii V.V., Nogin V.D. Pareto-optimal solutions of multiobjective problems. Moscow: Nauka; 1982. 256 p. (In Russ.).
20. Costa L., Oliveira P. An elitist genetic algorithm for multiobjective optimization. In: Metaheuristics: Computer decision-making. Boston, MA: Springer-Verlag; 2003:217–236. (Applied Optimization. Vol. 86). URL: 10.1007/978–1–4757–4137–7_10

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS



Наталья Николаевна Шеломенцева — кандидат экономических наук, доцент кафедры вычислительной математики и оптимизации, Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Natalya N. Shelomentseva — Cand. Sci. (Econ.), Assoc. Prof., Department of Computational Mathematics and Optimization, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-5644-3455>

Автор для корреспонденции / Corresponding author
natshelom@gmail.com



Ольга Валерьевна Грушина — доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры экономики строительства и управления недвижимостью, Байкальский государственный университет, Иркутск, Россия

Olga V. Grushina — Dr. Sci. (Econ.), Prof., Department of Construction Economics and Real Estate Management, Baikal State University, Irkutsk, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-1986-308X>

olga7771972@mail.ru



Татьяна Алексеевна Красноштанова — аспирант кафедры экономики строительства и управления недвижимостью, Байкальский государственный университет, Иркутск, Россия

Tatyana A. Krasnoshtanova — postgraduate student, Department of Construction Economics and Real Estate Management, Baikal State University, Irkutsk, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-1198-6915>

tkrasnoshtanova@spm-7.ru

Заявленный вклад авторов:

Н.Н. Шеломенцева — выявление субъектных взаимодействий в процессе строительства жилья в условиях проектного финансирования, разработка многокритериальной экономико-математической модели согласования интересов экономических субъектов в жилищном строительстве.

О.В. Грушина — разработка общей концепции статьи, анализ последствий введения проектного финансирования на фоне кризисов 2020 и 2022 гг.

Т.А. Красноштанова — поиск и подготовка исходных данных для апробации модели.

Authors' declared contribution:

N.N. Shelomentseva — identification of subject interactions in the process of housing construction in the conditions of project financing, development of a multi-criteria economic and mathematical model for coordinating the interests of economic entities in housing construction.

O.V. Grushina — development of the general concept of the article, analysis of the consequences of the introduction of project financing against the background of the crises of 2020 and 2022.

T.A. Krasnoshtanova — search and preparation of initial data for testing the model.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflicts of Interest Statement: The authors have no conflicts of interest to declare.

Статья поступила 20.12.2022; после рецензирования 10.01.2023; принята к публикации 30.01.2023.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The article was received on 20.12.2022; revised on 10.01.2023 and accepted for publication on 30.01.2023.

The authors read and approved the final version of the manuscript.